

PEMAKAIAN MODEL DETERMINISTIK UNTUK TRANSFORMASI DATA HUJAN MENJADI DATA DEBIT PADA DAS LAHOR

Ernawan Setyono¹

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil¹
Fakultas Teknik - Univ. Muhammadiyah Malang
Kampus III, Jl. Tlogomas No. 246 Telp. (0341) 464318-319 Pes. 130 Fax. (0341) 460435
e-mail:

ABSTRACT

Hydrologic analysis is an important stage in water resources development activities, therefore the output of the general hydrological analysis will determine the direction of water resources development strategy in a comprehensive and more narrow scale will determine the dimensions and characteristics of the necessary infrastructure. Determination of hydrological quantities are actually not too difficult when the data for analysis is available in sufficient quantity and quality. Classical problems in developing countries, including Indonesia, the availability of river flow data series is quite a separate issue, so the solution must be done by to specification climate variables into a variable flow. So far this has been developed conceptual model, of course, each has advantages and disadvantages because basically models were developed according to local hydrological conditions. All models are basically developed from the same basic concept, namely the hydrological cycle. Basic things that sets it apart is the way to interpret the process until the rain began to flow. This is what would need to be studied further in this study.

This study is an attempt to determine the performance model deterministic of FJ Mock, NRECA, and Tank model and can explain the comparative level of performance of the deterministic model in Reservoir Lahor.

Results of research on Lahor Reservoir indicated that the tank model is able to present the relationship of climate data and data streams very well. In this research obtained on the model RMSE value of model NRECA is 7.854 m³/sec, model FJ Mock for 18.696 m³/sec and Tank Model for 7.823 m³/sec.

Keywords: discharge, NRECA model, fjmoc model, model tank

PENDAHULUAN

Permasalahan klasik di Negara-negara berkembang termasuk Indonesia ketersediaan seri data aliran sungai yang cukup menjadi masalah tersendiri, sehingga penyelesaiannya harus dilakukan dengan cara mengalihragamkan variabel iklim menjadi variabel aliran. Salah satu cara untuk menduga debit sungai adalah dengan menggunakan model hidrologi. Semua model pada dasarnya dikembangkan dari konsep dasar yang sama, yaitu daur hidrologi. Hal mendasar yang membedakannya adalah cara melakukan interpretasi terhadap proses mulai terjadinya hujan sampai menjadi aliran. Hal inilah yang akan perlu

dikaji lebih jauh dalam penelitian ini. Penelitian ini merupakan upaya untuk mengetahui performa model deterministik FJ Mock, NRECA, dan Tank Model pada Das Lahor.

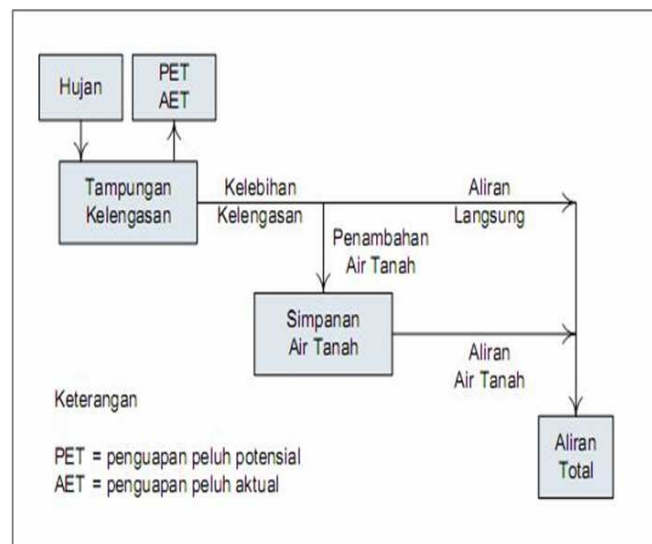
Tujuan utama yang hendak dicapai dari penelitian secara keseluruhan adalah :

- Mengetahui tingkat akurasi dari penerapan model F.J Mock untuk mempresentasikan hubungan data iklim dan data aliran inflow waduk Lahor.
- Mengetahui tingkat akurasi yang ideal dari model deterministik NRECA untuk mempresentasikan hubungan data iklim dan data aliran inflow waduk Lahor.

- 3. Mengetahui tingkat akurasi yang ideal dari model deterministik Tank Model untuk mempresentasikan hubungan data iklim dan data aliran inflow waduk Lahor.
- 4. Mengetahui model yang sesuai dengan karakteristik data das yang diteliti.

Model NRECA

Model NRECA (*National Rural Electric Cooperative Association*) dikembangkan oleh Norman H. Crawford (USA) pada tahun 1985.



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Model Nreca

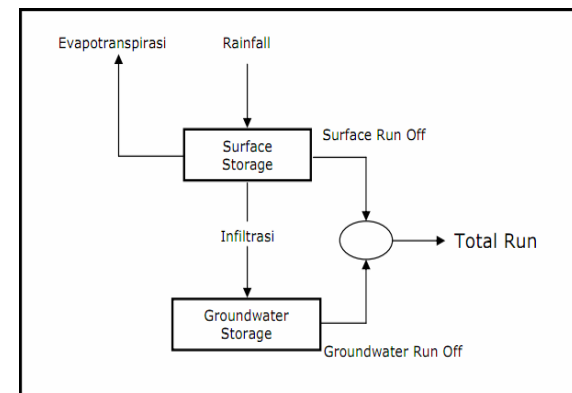
Sumber : KP – 01 perencanaan irigasi:76

Sisa dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan bersama aliran dasar bergerak masuk menuju alur sungai. Aliran total yang ada kemudian dikalikan dengan Luas DAS. Hasil dari perkalian tersebut merupakan keluaran (*output*) dari model NRECA yang berupa debit aliran sungai sesuai periode rencana. Cara perhitungan ini sesuai untuk daerah cekungan yang setelah hujan berhenti masih ada aliran air di sungai selama beberapa hari. Kondisi ini terjadi bila tangkapan hujan cukup luas. (KP – 01 perencanaan jaringan irigasi:13).

Model ini dapat digunakan untuk menghitung debit bulanan dari hujan bulanan berdasarkan keseimbangan air di DAS. Model NRECA membagi aliran bulanan menjadi dua, yaitu limpasan langsung (limpasan permukaan dan bawah permukaan) dan aliran dasar. Tampungan juga dibagi dua yaitu tampungan kelengasan (*moisture storage*) dan tampungan air tanah (*ground water storage*).

Model FJ. Mock

Metoda Mock adalah suatu metoda untuk memperkirakan keberadaan air berdasarkan konsep *water balance*. Keberadaan air yang dimaksud disini adalah besarnya debit suatu daerah aliran sungai. Data yang digunakan untuk memperkirakan debit ini berupa data klimatologi dan karakteristik daerah aliran sungai. Konsep Model FJ Mock secara skematis ditunjukkan Gambar 2.



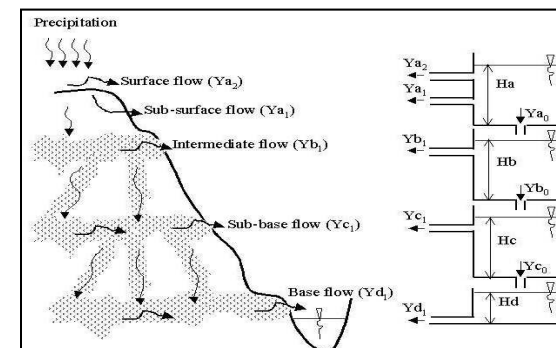
Gambar 2. Diagram Alir Model rainfall-run Off

Sumber : Bapenas, 2006:16

Model Tangki

Metode ini dikembangkan Sugawara (1958) untuk menghitung *runoff* yang diakibatkan hujan yang jatuh di dalam sebuah daerah tangkapan air. Model tangki ini mendeskripsikan suatu daerah tangkapan air digantikan kombinasi beberapa tangki yang disusun sedemikian rupa untuk mewakili lapisan tanah di dalam daerah tangkapan air tersebut. Jumlah tangki dapat bervariasi dan susunannya dapat berupa tangki seri atau paralel. Setiap tangki memiliki lubang pada dasarnya dan juga pada sisinya untuk mengalirkan keluar air yang terdapat dalam tangki. Dalam penelitian ini diterapkan model tangki standar, yaitu 4 (empat) tangki yang disusun seri seperti ditunjukkan Gambar 3.

Outflow dari tangki pertama mempresentasikan aliran *run off* dan *sub surface flow*, tangki ke dua mempresentasikan *intermediate flow*, tangki ketiga mempresentasikan *sub-base flow* dan tangki ke empat mempresentasikan *baseflow*. Total aliran pada sungai merupakan jumlah dari aliran-aliran tersebut. Pada susunan 4 tangki seri mengandung sebanyak 16 parameter model yang harus ditetapkan terlebih dulu sebelum diimplementasikan, yaitu ; tinggi tampungan awal tangki (SA0, SB0, SC0, SD0), koefisien lubang tangki (CcA0, CcA1, CcA2 untuk Tangki A ; CcB0, CcB1 untuk Tangki B ; CcC0, CcC1 untuk Tangki C ; dan CcD1 untuk Tangki D), dan kedudukan lubang tangki (Ha1, Ha2, Hb dan Hc). (Sulianto, 2010:4)



Gambar 3. Konsep Tank Model

Sumber : Sulianto, 2009:4

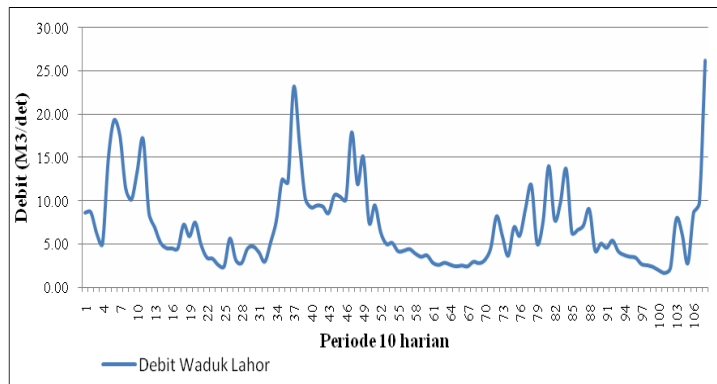
METODELOGI

Tahapan kegiatan penelitian secara berturutan meliputi pengumpulan data, analisis data, pembahasan hasil analisis data dan penarikan kesimpulan dan saran sesuai tujuan dan hasil penelitian

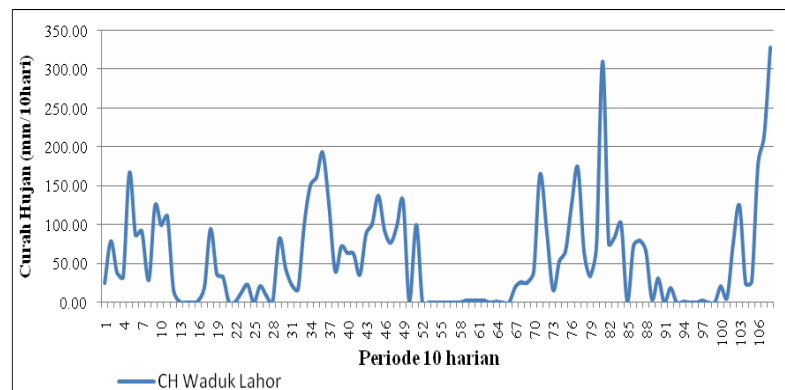
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data

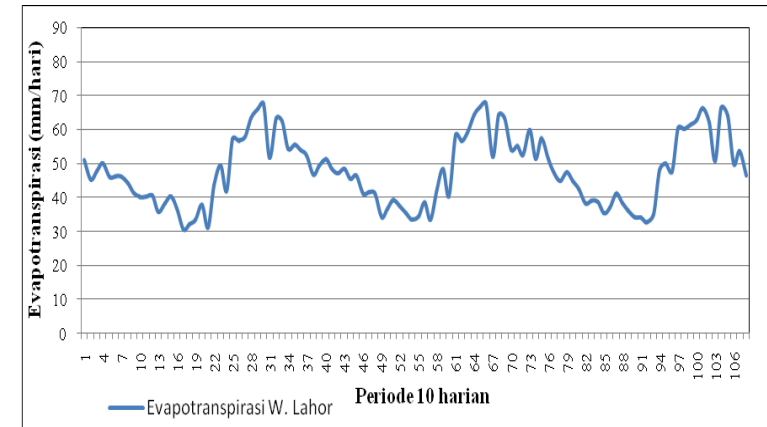
Lokasi penelitian adalah DAS Lekso dengan titik kontrol Waduk Lahor. Seri data yang dilibatkan dalam analisis adalah data debit, data curah hujan dan data evapotranspirasi sepanjang 3 tahun amatan dari Tahun 2005 hingga 2007 dalam periode 10 harian. Seri ketiga parameter data tersebut secara grafis ditunjukkan Gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 4 . Grafik seri data debit Inflow Waduk Lahor periode 10 Harian Tahun 2005 s/d 2007



Gambar 5. Grafik data Curah Hujan 10 Harian Tahun 2005 s/d 2007 di DAS Lekso



Gambar 6. Grafik seri data evapotranspirasi 10 Harian Tahun 2005 s/d 2007 di DAS Lekso

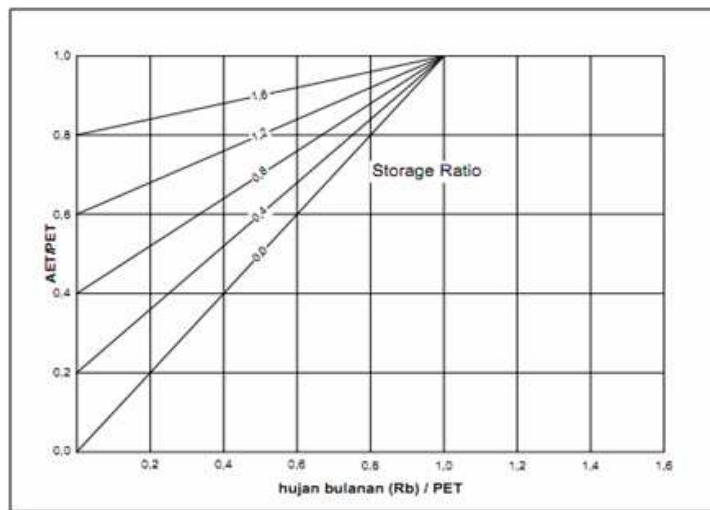
Penerapan Model NRECA

Menurut *Standar Perencanaan Irigasi KP-01*, Perhitungan debit aliran metode NRECA dilakukan kolom-perkolom dari kolom 1 sampai 20. Contoh perhitungan secara detail Model NRECA pada Waduk Lahor Tahun 2005 Bulan Januari adalah sebagai berikut :

- Nama bulan Januari Sampai Desember tiap – tiap tahun pengamatan.
- Periode 10 Harian pertama dalam 1 bulan Januari
- Nilai Hujan rerata 10 harian (R_b) = 24,33 mm
- Nilai Penguapan peluh potensial (PET atau E_{To}) = 42,96 mm
- Nilai tampungan kelengasan awal (W_o). Nilai ini harus dicoba – coba dan dicek agar nilai pada bulan Januari mendekati nilai pada bulan Desember, jika selisih nilai melebihi 200 mm, harus diulangi lagi. Diambil 750 (mm/bl) di bulan Januari.
- Tampungan kelengasan tanah (*soil storage ratio*, W_i) dan dihitung dengan rumus :

$$W_i = \frac{W_o}{NOMINAL}$$

- $W_i = \frac{2 \cdot 750}{100 + 0,2 \cdot 1993,89} = 1,50$
- $NOMINAL = 100 + 0,2 R_a$
- R_a = hujan tahunan = 1993,89 mm Diambil dari rata-rata jumlah hujan Tahun 2005 s.d 2007
- g. Rasio R_b/PET = Kolom (3) : kolom (4) = 24,33 : 42,958 = 0,57
- h. Rasio AET/PET , AET = penguapan peluh aktual yang dapat diperoleh dari gambar 7 yang nilainya tergantung dari rasio R_b/PET dan W_i .



Gambar 7. Grafik Hubungan AET/PET Rasio

Dari grafik diatas di dapatkan bahwa nilai AET/PET = 0,89

$$i. AET = \left(\frac{AET}{PET} \right) \times PET \times \text{koefisien reduksi}$$

$$= 0,89 \times 42,985 \times 0,6 = 23,04 \text{ mm}$$

Kemiringan (m/Km)	koef.reduksi
0-50	0,9
51-100	0,8
101-200	0,6
>200	0,4

Tabel 1. Koef. Reduksi Penguapan Peluh Kemiringan (m/Km) koef.reduksi

Sumber : KP – 01 Jaringan Irigasi

- j. Neraca air = $R_b - AET$
 $= 24,33 - 23,04 = 1,29 \text{ mm}$
- k. Rasio kelebihan kelengasan (*exess moisture*) yang dapat diperoleh sebagai berikut :
- Bila neraca air positif, maka rasio tersebut dapat diperoleh dari table dengan memasukam nilai tampungan kelengasan tanah (W_i) di kolom 6
 - Bila neraca air negatif, rasio = 0

Dari grafik diatas di dapatkan bahwa nilai rasio kelebihan kelengasan = 1,00 karena nilai *water balance* (positif) maka dimasukan nilai tampungan kelengasan tanah.

- j. Kelebihan kelengasan
 $= \text{Rasio kelebihan kelengasan} \times \text{neraca air}$
 $= 1,00 \times 1,29 = 1,29 \text{ mm}$
- k. Perubahan tampungan
 $= \text{neraca air} - \text{kelebihan kelengasan}$
 $= 1,29 - 1,29 = 0,00 \text{ mm}$
- l. Tampungan air tanah = $PSUB \times \text{kelebihan kelengasan}$
 $PSUB$ adalah parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 0 -2 m) yang nilainya 0,3 untuk tanah kedap air dan 0,9 untuk tanah lulus air.
 $= 0,9 \times \text{kelebihan kelengasan}$
 $= 0,9 \times 1,29 = 1,16 \text{ mm}$
- m. Tampungan air tanah awal yang harus di coba-coba dengan nilai awal = 2,00
- n. Tampungan air tanah akhir :
 $= \text{tampungan air tanah} + \text{tampungan air tanah awal}$
 $= 1,16 + 2 = 3,16 \text{ mm}$
- o. Aliran air tanah = $GWF \times \text{tampungan air tanah}$ (kolom 16)
 GWF adalah parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 2-10 m) yang nilainya 0,8 untuk tanah kedap air dan 0,2 untuk tanah lulus air.
 $= 0,2 \times \text{tampungan air tanah akhir}$
 $= 0,2 \times 3,16 = 0,63 \text{ mm}$
- p. Aliran langsung (*direct run off*)

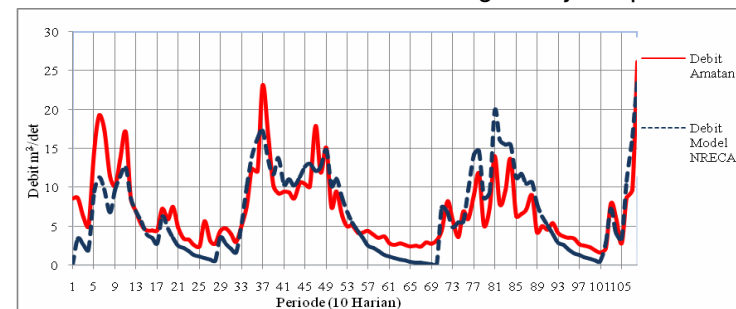
$= \text{kelebihan kelengasan} - \text{tampungan air tanah}$
 $= 1,29 - 1,16 = 0,13 \text{ mm}$

- q. Aliran total
 $= \text{Aliran langsung} + \text{Aliran air tanah dalam mm}$
 $= 0,13 + 0,63 = 0,76 \text{ mm}$
- r. Aliran total dalam kolom 19 dalam mm diubah ke dalam satuan m^3/dt . (kolom 19 x luas)/(10 harian x 24 x 3600).

Untuk perhitungan bulan berikutnya diperlukan nilai tampungan kelengasan (kolom 5) untuk bulan berikutnya dan tampungan air tanah (kolom 15) bulan berikutnya yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

- Tampungan kelengasan
 $= \text{tampungan kelengasan bulan sebelumnya} + \text{perubahan tampungan}$
 $= \text{kolom (5)} + \text{kolom (13)}, \text{ semuanya dari bulan sebelumnya}$
- Tampungan air tanah
 $= \text{tampungan air tanah bulan sebelumnya} - \text{aliran air tanah}$
 $= \text{kolom (16)} - \text{kolom (17)}, \text{ semuanya dari bulan sebelumnya.}$

Sebagai patokan akhir perhitungan nilai tampungan kelengasan awal (Januari) harus mendekati kelengasan bulan Desember. Jika perbedaan antar keduanya cukup jauh (>200mm) perhitungan perlu diulang mulai awal Januari lagi dengan mengambil nilai tampungan kelengasan awal (Januari) = tampungan kelengasan bulan Desember. Hasil analisis dengan Model Nreca secara ringkas ditunjukkan pada Gambar 1.9.



Gambar 9. Perbandingan Debit Amatan Dan Output Model Neraca Th 2005 S.D 2007

Penerapan Model F.J.Mock

Data Januari 10 harian I :

- Perhitungan transformasi data hujan menjadi data debit dengan Metode F.J.MOCK pada DAS Lekso diuraikan sebagai berikut :
- Curah hujan rerata bulanan = 35,7 mm/hari
 - Jumlah hari hujan (n) = 7 hari
 - Jumlah hari (1 periode) = 15 hari
 - Evapotranspirasi (Eto) = 5,52 mm/hari
 - Singkapan Lahan (m)

Tabel 2. Exsposed Surface

No	m	Daerah
1	0 %	Hutan primer , sekunder
2	10 - 40%	Daerah tererosi
3	30 - 50 %	Daerah ladang pertanian

Sumber : Bapenas, 2006

Besarnya nilai lahan untuk bulan januari Periode 1 sebesar 10%

- $\ddot{A}E/Ep = (m/20) \times (18-n) = (10/20) \cdot (18-7) = 5,33 \%$
 - $\ddot{A}E = Ep (m/20) \times (18-n) = 5,52 \cdot 5,33 \% = 0,29 \text{ mm/hari}$
 - $E_{\text{actual}} = Ep - \ddot{A}E = 5,52 - 0,29 = 5,2 \text{ mm/hari}$
 - $Water\ Surplus\ (Ws) = (P - E_a) = 35,7 - 5,2 = 30,4 \text{ mm/hari}$
- $Base\ flow\ (BF) = I - \ddot{A}V_n = 12,22 - (-9,7) = 21,9 \text{ mm/hari}$
 - $Direct\ Run\ Off\ (DRO) = 0,6 \cdot Ws = 0,6 \cdot 30,4 = 18,3 \text{ mm/hari}$
 - $Run\ Off\ Balance\ (ROB) = BF + DRO = 21,9 + 18,3 = 30,2 \text{ mm/hari}$

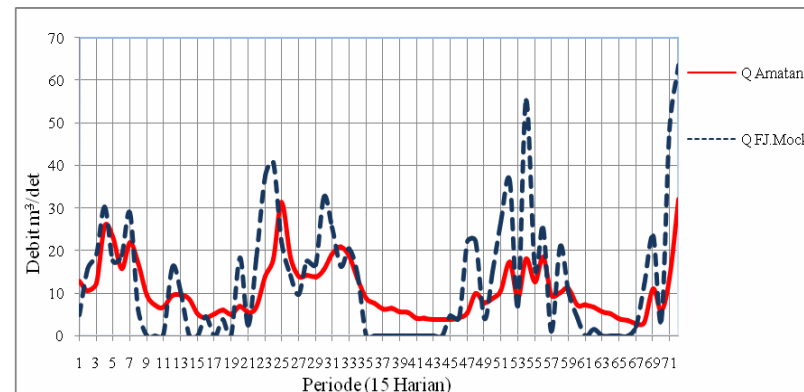
Perhitungan Debit pada model Nreca adalah sebagai berikut :

$$Debit = \frac{40,2 \cdot 10^{-3} \cdot 160 \cdot 10^6}{(15) \cdot 24 \cdot 3600}$$

$$Debit = \frac{ROB \cdot 10^{-3} \cdot A \cdot 10^6}{(\sum \text{hari}) \cdot 24 \cdot 3600}$$

Keterangan : bila $Ws < 0$, Maka harga $Ws = 0$

- $n_{\text{filtrasi}} (I) = 0,4 \times Ws = 0,4 \times 30,4 = 12,2 \text{ mm/hari}$
- $0,5 \times (1+k) \times I = 0,5 \times (1+0,6) \times 12,2 = 9,74 \text{ mm/hari}$
- $k \cdot (V_{n-1})$, dimana sebelum Januari diasumsikan belum ada tampungan $k \cdot (V_{n-1}) = 0$
 $V_{n-1} = \text{Tampungan bulan sebelumnya}$
 $K \cdot (V_{n-1}) \text{ Untuk januari periode 1} = 0$
 $K \cdot (V_{n-1}) \text{ Untuk januari periode 2}$
 $= 0,6 \times ((0,5 \times (1+k) \times 1)_{\text{Jan1}} + (k \times (V_{n-1})_{\text{Jan1}}))$
 $= 0,6 \times (9,74 + 0) = 5,8 \text{ mm/hari}$
- $V_n = (0,5 \times (1+k) \times 1)_{\text{Jan1}} + (k \times (V_{n-1})_{\text{Jan1}}) = 9,7 + 0 = 9,7 \text{ mm/hari}$
- $\ddot{A}V_n = V_{n-1} - V_n = 0 - 9,93 = -9,93 \text{ mm/hari}$



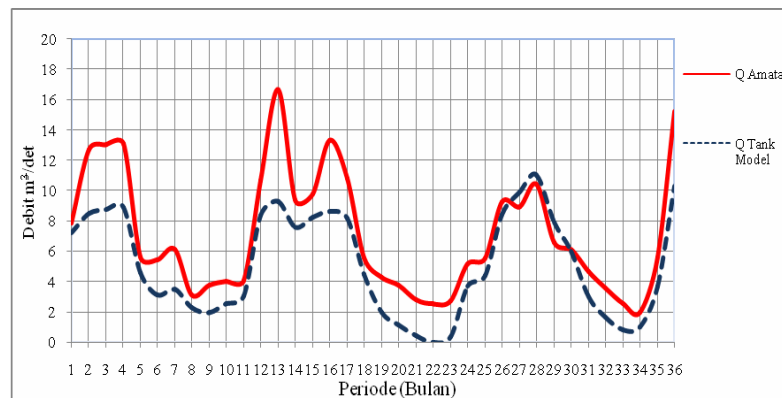
Gambar 10. Grafik Perbandingan Debit Amatan Dan Debit Model F.J Mock Th 2005 S.D 2007

Aplikasi Model Tangki

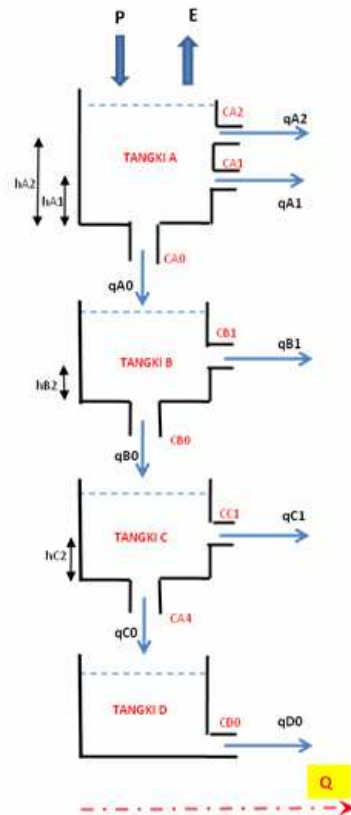
Tank Model dilakukan dengan cara running program dengan input Data hujan, Data Evapotranspirasi dan Luas DAS Lahor sebesar 160 Km serta parameter algoritma genetik berupa batas bawah (Rb)=0.0 ; batas atas (Ra)=300 ; ukuran populasi (UkPop)=300; probabilitas pindah silang

(Psilang)=0.8 dan probabilitas mutasi (Pmutasi) = 0.01.

Nilai parameter optimal Model Tank Standar pada DAS Lahor berdasarkan hasil running program optimasi berbasis Algoritma Genetik ditunjukkan Tabel 3. dan hasil transformasi data curah hujan menjadi data debit ditunjukkan Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Debit Amatan dan Debit Model Tank Th 2005 s.d 2007



Gambar 12. Optimal Tank Model Standar Pada Waduk Lahor

Tabel 3. Nilai Paramater Optimal Tank Model Standar Pada Waduk Lahor

DAS Lahor	
Generasi = 500	
Fitners terbaik = 0,25105	
hA1 = 9,1443	CC0 = 244,0699
hA2 = 186,6819	CC1 = 78,9202
CA0 = 0,134	hD1 = 94,2814
CA1 = 0,074047	CD1 = 0,14764
CA2 = 0,0075414	SA0 = 29,4057
hB1 = 196,0687	SB0 = 191,8356
CB0 = 0,81532	SC0 = 46,5413
CB1 = 171,2423	SD0 = 242,919
hC1 = 284,4604	

Perbandingan hasil analisis data

Ukuran kesesuaian model dilihat dari parameter RMSE (root mean square error) yang dihitung dengan persamaan berikut ;

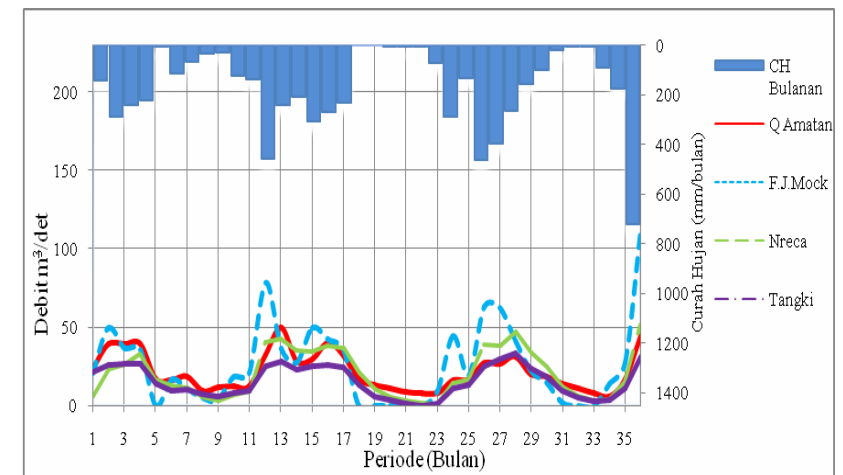
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2}$$

dengan ;

Q_{obs} = Debit hasil amatan (m³/dt)

Q_{sim} = Debit hasil permodelan (m³/dt)

Hasil perhitungan dengan persamaan diatas diperoleh Model Nreca dengan RMSE sebesar 7,854 m³/detik, Model FJ Mock sebesar 18,696 m³/detik dan Model Tangki sebesar 7,823 m³/detik. Indikator tersebut menunjukkan bahwa Model Tangki dan Model Nreca cenderung memberikan kinerja yang lebih baik dibanding Model FJ. Mock. Grafik perbandingan hasil model dan data debit amatan DAS Lahor ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Debit Amatan, Debit Model Nreca, Model F.J.Mock dan Tank Model Th 2005 s/d 2007 Waduk Lahor

KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil dari transformasi data hujan menjadi data debit pada Model Nreca, menunjukkan bahwa simpangan debit model dengan debit amatan dengan nilai RMSE pada Waduk Lahor dapat 7,854 m³/detik.
- Berdasarkan hasil dari transformasi data hujan menjadi data debit pada Model FJ Mock, menunjukkan bahwa simpangan debit model

dengan debit amatan dengan nilai RMSE pada Waduk Lahor dapat 18,696 m³/detik

- Berdasarkan hasil dari transformasi data hujan menjadi data debit pada Tank Model, menunjukan bahwa simpangan debit model dengan debit amatan dengan nilai RMSE pada Waduk Lahor didapat 7,823 m³/detik
- Berdasarkan hasil dari transformasi data hujan menjadi data debit pada Waduk Lahor menunjukan bahwa Tank model yang menunjukan performa paling baik dari model deterministik yang digunakan dengan simpangan debit model dan debit amatan dengan nilai RMSE sebesar 7,823 m³/detik.

DAFTAR PUSTAKA

Fakultas Teknik–Universitas Brawijaya
Malang

Badan Perencanaan Pembangunan Nasional,
2006, “Identifikasi Masalah Pengelolaan
Sumber Daya Air di Pulau Jawa”, Direktorat
Pengairan dan Irigasi.

Diaz, Sulianto & Ernawan, 2009, “Penerapan
Model Tank pada sistim 3 (tiga) tank susunan
seri untuk transformasi data hujan menjadi
data aliran sungai”, Skripsi, Jurusan Teknik
Sipil, FT-UMM.

Ersin Seyhan, 1977, Dasar-dasar Hidrologi,
Yogyakarta, Penerbit UGM.

Integrated Microhydro Development and
Application Program, 2009, Pedoman Studi
Kelayakan Hidrologi”, Direktorat Jenderal
Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen
Energi dan Sumber Daya Mineral.

Rahman, Sulianto & Ernawan, 2009, Penerapan
Model Tank pada sistim 3 (tiga) tank susunan
paralel untuk transformasi data hujan
menjadi data aliran sungai, Skripsi, Jurusan
Teknik Sipil, FT-UMM.

Soemarto, CD, 1986, Hidrologi Teknik, Usaha
Nasional, Surabaya, Indonesia.

Sri Harto, Br, 1993, Analisis Hidrologi, Gramedia
Pustaka Utama, Jakarta Indonesia.

Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria
Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi, KP –
01

Sulianto, 2009, “Algoritma Genetik untuk
meningkatkan Kinerja Model Standar pada
Analisa Transformasi Data hujan menjadi
Data Aliran”, Naskah Publikasi, Hasil
Penelitian Program PBP.

Yedida Yosnananto, 2000, Penentuan Koefisien
Penguapan Panci-A Untuk Menghitung
Evapotranspirasi Rujukan (Studi Kasus
Beberapa Stasiun Meteorologi di DPS
Brantas), Tesis, Jurusan Teknik Sipil,